

DE 195 44 303 A1

ABSTRACT

There is described a microstructured substrate fabricated by silicon technology, with which an additional well-defined electric field can be applied to resistive semiconductor gas sensors. In this way, the selectivity of the gas sensors is enhanced when gas mixtures are presented.



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 44 303 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/416
H 01 L 21/306
H 01 L 49/00

⑲ Aktenzeichen: 195 44 303.9
⑳ Anmeldetag: 28. 11. 95
㉓ Offenlegungstag: 5. 6. 97

DE 195 44 303 A 1

⑦ Anmelder:

Hausner, Martin, 28217 Bremen, DE; Zacheja,
Johannes, Dr.rer.nat, 27412 Bülstedt, DE; Binder,
Josef, Prof. Dr.rer.nat., 27726 Worpswede, DE

⑥ Zusatz zu: P 44 42 396.9

⑧ Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung der Selektivität von gassensitiven chemischen Verbindungen über externen Potentiale

⑤7 Die Erfindung beschreibt ein in Silizium-Technologie gefertigtes, mikrostrukturiertes Substrat, mit dem an resistive Halbleiter-Gassensoren ein zusätzliches definiertes elektrisches Feld angelegt werden kann. Dadurch wird bei Angebot von Mischgasen eine Selektivitätserhöhung der Gassensoren erreicht.

DE 195 44 303 A 1

Es ist bekannt, daß resistive Gassensoren zwar über hohe Sensitivität und Dynamik verfügen, jedoch relativ große Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen und Luftfeuchte aufweisen. Dies gilt sowohl für anorganische als auch organische Dick- und Dünnschichtsensoren. Durch Anlegen eines elektrischen Potentials (im folgenden auch BIAS-Potential) an die sensoraktive Schicht kann, wie schon näher beschrieben (Aktenzeichen P 44 42 396.9), die Leitungs- und Valenzbandkante verbogen werden. Gleichzeitig wird das Energieniveau der (gasspezifischen) Oberflächenzustände entsprechend angehoben bzw. vermindert. Dadurch ändert sich die relative Lage der Oberflächenzustände zum (nicht beeinflussbaren) Fermi-Niveau. Wird ein vorher über dem Fermi-Niveau liegender Oberflächenzustand durch das BIAS-Potential genügend weit unter das Fermi-Niveau verschoben, so kann die betreffende Gasspezies nicht mehr am Festkörper adsorbieren und dadurch die Leitfähigkeit verändern, d. h. die Sensitivität gegenüber dem Gas wird stark vermindert bzw. ausgeschaltet.

Im Antrag auf Erteilung eines Patents vom 29. 11.1995, Aktenzeichen P 44 42 396.9, wurde bereits erläutert, wie man die Selektivität von resistiven Gassensoren über externe elektrische Potentiale steuern kann. Das resultierende elektrische Feld sollte möglichst senkrecht zu den Strompfaden des Meßstroms stehen. Hierzu wurden in o.g. Patentantrag das Meßverfahren sowie die dazu nötige Meßvorrichtung erläutert. Neuere Versuche haben gezeigt daß es vorteilhaft ist, den Luftspalt zwischen der Sensorschicht und der über ihr liegenden Gegenelektrode möglichst zu minimieren, um hohe elektrische Feldstärken und hohe resultierende Bandverbiegungen in der (halbleitenden) Sensorschicht zu erreichen. Um diesen Luftspalt bis zum μm - und sub- μm -Bereich hin zu verkleinern, sind noch einige bisher nicht näher vorgestellte technische Realisierungen möglich, die den Patentantrag P 44 42 396.9 vervollständigen.

Beschreibung der Meßanordnung (vgl. Abb. 1, Querschnitt durch das Substrat)

Die über der Sensorschicht (1) liegende Elektrode (2) (im folgenden als Top-Elektrode bezeichnet) kann mit den technischen Verfahren der Oberflächenmikromechanik direkt auf dem Sensorsubstrat (3) aufgebracht werden, d. h. es ist kein zweiter Wafer nötig und auf den Bondvorgang zwischen Substrat und zweitem Wafer kann verzichtet werden. Das externe elektrische Potential (BIAS-Potential) kann nun sowohl zwischen der (maschenförmig ausgeführten) Top-Elektrode und der Interdigitalelektrode (4) als auch zwischen Heizwiderstand (5) und Top-Elektrode oder zwischen Heizwiderstand und Interdigitalelektrode angelegt werden. Es kann auch vorteilhaft sein, den elektrischen Feldvektor zu verschieben, indem man alternierend eine der drei beschriebenen Möglichkeiten nutzt.

Die Top-Elektrode (2) kann bei genügend hoher Isolationsfähigkeit der Sensorschicht (1) auch direkt auf diese aufgebracht werden (Aufdampfen, Sputtern, etc.). Soll ein geringer Abstand von typischerweise einigen zehn bis hundert nm zwischen Sensorschicht und Top-Elektrode geschaffen werden, so kann vor dem Metallisieren eine Opferschicht (z. B. aus Fotolack, oxidischen Verbindungen oder löslichen Salzen) aufgebracht werden, die nach dem (maschenförmigen) Strukturieren der

Top-Elektrode wieder entfernt wird. Um höhere Stabilität zu erreichen, kann die Top-Elektrode auch durch galvanisches Aufwachsen verdickt werden.

Die Top-Elektrode (2) kann sowohl maschenförmig (vgl. Abb. 2, Draufsicht auf zwei mögliche Designvarianten mit (6) als Befestigungspunkte auf dem Substrat) als auch in Form einer zweiten Interdigitalstruktur (vgl. Abb. 3, Draufsicht) ausgeführt sein, die vorteilhaft genau in den Lücken zwischen den unteren Interdigitalelektroden (4), die die Sensorschicht (1) kontaktieren, zu liegen kommt (vgl. Abb. 4, Querschnitt). Um eventuell auftretende mechanische Spannungen in der Top-Elektrode aufzufangen, empfiehlt es sich, daß die Aufhängung über (federartige) Elemente erfolgt die die (thermische) Längenausdehnung der Elektrode ausgleichen. Dazu ist im einfachsten Fall eine diagonale Anordnung der maschenförmigen Struktur denkbar.

Die gleichzeitige Funktion des Heizwiderstands als Heizung und BIAS-Elektrode kann auch separiert werden, indem man zwei (voneinander isolierte) Schichten (7) und (8) bzw. Schichtsysteme aufbringt, von den die eine (vorteilhaft die untere) als Heizung (7) und die andere als Feldelektrode (8) benutzt wird (vgl. Abb. 5, Querschnitt). Auch hier kann die Feldstärke und Feldverteilung gesteuert werden, indem die Funktion beider Schichten (sequentiell) zwischen Heizung und Feldelektrode wechselt.

Patentansprüche

1. Meßverfahren und Sensorkonstruktion laut Beschreibung, mit der die Selektivität von Halbleiter-Gassensoren verbessert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Top-Elektrode (2), die oberhalb der sensoraktiven Schicht (1) liegt, durch Schichtabscheideverfahren (Aufdampfen, Sputtern, CVD, etc.) erzeugt werden kann. Die maschenförmige, mäanderförmige oder interdigitalförmige (usw.) Strukturierung (vgl. Abb. 2 und 3) erfolgt durch Naß- oder Trockenätzverfahren oder partielles Ablösen von vorher aufgetragenem und strukturiertem Fotolack (sog. Lift-Off). Im Falle der interdigitalartigen Top-Elektrode (vgl. Abb. 3) ist eine Anordnung vorteilhaft, bei der die Top-Elektrode jeweils über den Freiräumen der sensorkontaktierenden Interdigitalelektrode zu liegen kommt (vgl. Abb. 4). Die Top-Elektrode kann ebenso aus porösem Material bestehen, so daß auf eine Strukturierung verzichtet werden kann.

2. Meßverfahren und Sensorkonstruktion laut Beschreibung, mit der die Selektivität von Halbleiter-Gassensoren verbessert wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstand zwischen Top-Elektrode (2) und Sensorschicht (1) durch Wegätzen bzw. Entfernen einer vorher abgeschiedenen Opferschicht erzeugt werden. Die Opferschicht kann unter anderem aus dielektrischen Siliziumverbindungen, Metalloxiden, organischem Material (z. B. Fotolack) und/oder löslichen Salzen bestehen.

3. Meßverfahren und Sensorkonstruktion laut Beschreibung, mit der die Selektivität von Halbleiter-Gassensoren verbessert wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei hinreichend guter Isolationsfähigkeit der Sensorschicht die Top-Elektrode (2) auch in direktem Kontakt zur sensoraktiven Schicht (1) stehen darf, wobei in diesem Fall die Elektrode direkt auf die Sensorschicht aufgebracht und anschließend (durch Ätzverfahren oder Lift-Off)

strukturiert wird. In diesem Fall kann die Top-Elektrode auch als Interdigitalstruktur (vgl. Abb. 3) ausgeführt sein. Die optimale Position ist in diesem Fall wieder die unter Anspruch 1 formulierte. Die Messung des Sensorsignals kann auch über die Top-Elektrode erfolgen und das externe elektrische Feld wird zwischen Heizer (5) und interdigitalförmiger Top-Elektrode (2) angelegt. Auf die sonst übliche Interdigitalelektrode (4) unterhalb der sensoraktiven Schicht (1) kann in diesem Fall verzichtet werden.

4. Meßverfahren und Sensorkonstruktion laut Beschreibung, mit der die Selektivität von Halbleiter-Gassensoren verbessert wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Meßdatenerfassung die Richtung und der Betrag des elektrischen Feldes variiert werden kann, indem man (alternierend) zwischen den bis zu vier verschiedenen Elektroden (Heizwiderstand (7), zweite vergrabene Elektrode (8), Interdigitalelektrode (4) und Top-Elektrode (2), vgl. Abb. 5) ein Potential anlegt.

5. Meßverfahren und Sensorkonstruktion laut Beschreibung, mit der die Selektivität von Halbleiter-Gassensoren verbessert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die in Aktenzeichen P 4442396.9 beschriebenen Auswertestrategien (Ansprüche 5 bis 9 einschließlich) auch in Kombination mit den hier in Anspruch 4 genannten Elektrodenverschaltungen eingesetzt werden können. Es versteht sich, daß die vorstehend genannten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen und in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Abb. 1

Best Available Copy

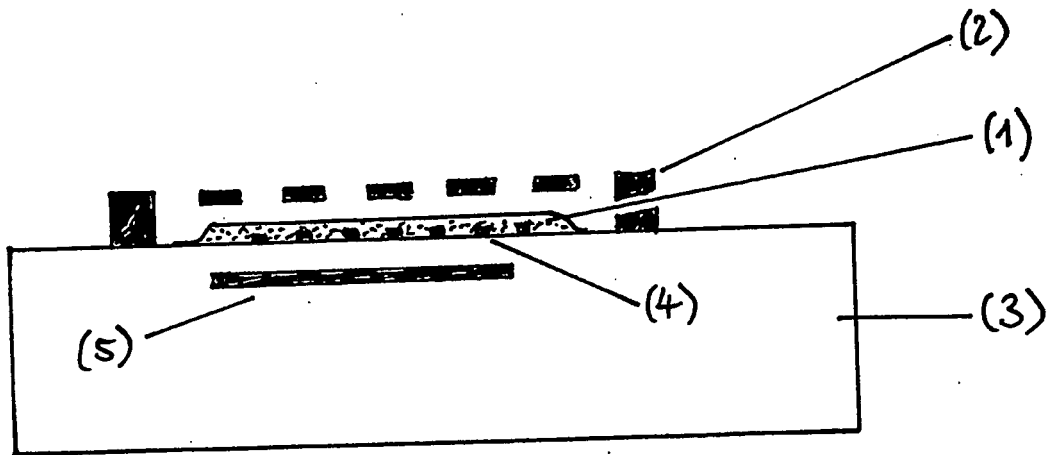
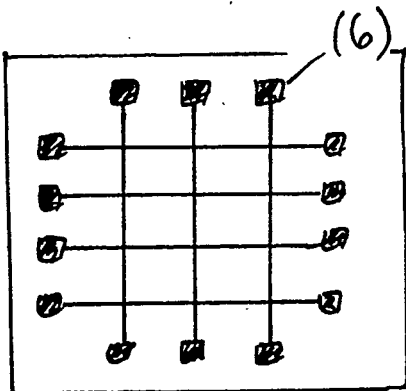
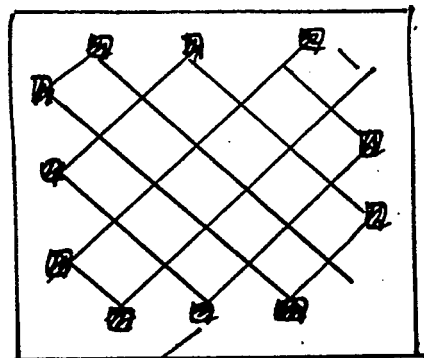


Abb. 2

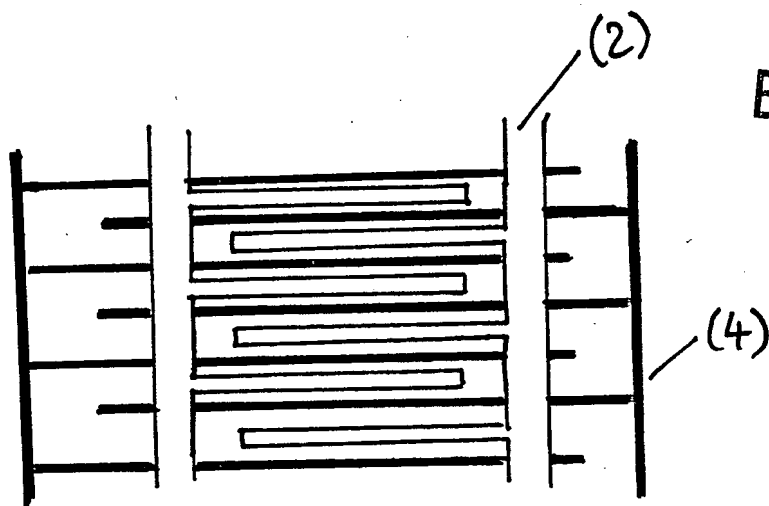


a)



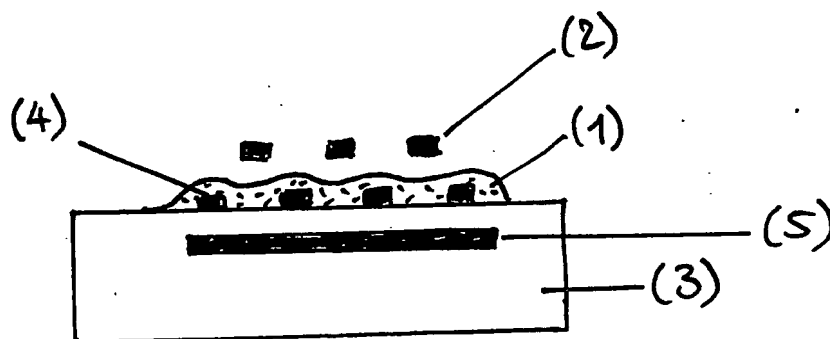
b)

Abb. 3



Best Available Copy

Abb. 4



Best Available Copy Abb. 5

